

85-3 OPTICA INTEGRADA: DISEÑO DE COMMUTADORES DE ACOPLO DIRECCIONAL POR MÉTODO DEL INDICE EFECTIVO.

M. López-Amo, J.M. López Higuera*, M.A. Muriel, J.A. Martín Pereda.

E.T.S.I. Telecomunicación y *E.U.I.T. Telecomunicación (U.P.M.).

De los posibles métodos de diseño de dispositivos ópticos integrados, uno de los más difundidos y de mejores prestaciones es el Método del Índice Efectivo. Aunque es superado en exactitud por otros, como el método de los Elementos Finitos o el de Propagación del Haz, la relativa novedad de los dispositivos diseñados, hace que a la tecnología existente le sea difícil reproducir estos dispositivos de una manera fiel.

Por ello, éste método, de fácil implementación, es adecuado para el diseño de conmutadores electroópticos integrados cuyas características de funcionamiento puedan ser alteradas eléctricamente.

Este es el caso de la configuración del acoplador direccional de electrodos divididos, cuyos estados de conmutación y paso pueden ser controlados aplicando diferentes tensiones eléctricas, con independencia de la longitud de acoplo (1).

El fin último de estos dispositivos es su aplicación en las redes de comunicaciones por fibra óptica. Por lo tanto, estos conmutadores se diseñan con guías monomodo a las longitudes de onda de funcionamiento habituales en dichas redes. El material más utilizado para la fabricación de estos dispositivos es el LiNbO_3 , por sus elevados coeficientes electroópticos.

A la hora de diseñar esta clase de dispositivos, es esencial seleccionar el confinamiento del modo. Este parámetro vendrá dado, tecnológicamente, por el grosor y concentración del metal difundido sobre el sustrato electroóptico para crear las guías. Y también por la temperatura (T) y tiempo de difusión (t_d), además de por la anchura de la "tira" de metal difundida (W). Todo ello va a producir una profundidad de difusión de la guía (d_z), que viene dada por la fórmula:

$$d_z = 2 \sqrt{D_0 \cdot e^{-T_0/T} \cdot t_d} \quad (1)$$

Para que el dispositivo a diseñar posea pocas pérdidas de radiación en las curvaturas, es necesario que el modo que se propague esté lo más confinado posible. No obstante, esto implica el peligro de la irrupción de un segundo modo en la guía. Para controlar este diseño, son de suma utilidad los diagramas b-V de guíasondas difundidas calculadas con el método del índice efectivo.

En la Fig. 1 tenemos el diagrama b-V de una guíaonda difundida en LiNbO_3 para modos TM, que son los más útiles para el habitual corte en Z de este cristal.

El diagrama representa la variación del índice efectivo normalizado (b) del primer modo en función del parámetro V , hasta el valor de V para el cual se produce la aparición de un segundo modo dentro de la guía. V recibe normalmente el nombre de anchura normalizada de la guía, y es función de la longitud de onda, la profundidad de difusión, la anchura W , el tipo de sustrato y del perfil de índices de refracción de la guía.

Los cálculos fueron realizados para una longitud de onda de $1,3 \mu\text{m}$, una profundidad de difusión de $2 \mu\text{m}$, una temperatura ambiente de 300°K , variando V en función de W . El ordenador utilizado fue un IBM 4341 de la UPM, aunque podría haberse empleado otro de menor capacidad de cálculo.

A partir de los parámetros intermedios obtenidos para la representación del diagrama $b-V$, es inmediato el cálculo del coeficiente de acoplo k_0 entre dos guías de idénticas características a la diseñada mediante la fijación de un valor concreto de V (2). La constante de acoplo de las guías paralelas como las calculadas viene dada por la expresión:

$$k = k_0 \exp(-d/\gamma) \quad (2)$$

, siendo γ la profundidad de penetración del modo y d la separación entre las guías en el tramo en que están paralelas. Una vez calculada k en la parte rectilínea del acoplador, es esencial obtener la modificación en la longitud elemental de acoplo ℓ_c ($\ell_c = \pi/2k$), motivada por las separaciones curvilíneas de las guías (ver Fig. 2). Para ello es necesario evaluar la expresión:

$$2 \int_0^{L_0} k_0 \exp(-2 d(y)/\gamma) dy - \int_0^{\ell_c'} k_0 \exp(-d/\gamma) dy = m \pi/2 \quad (3)$$

, siendo m un valor comprendido entre L/ℓ_c y $3L/\ell_c$ para los conmutadores de 2 etapas, como el de la Fig. 2. $d(y)$ es la separación simétrica en función de y de las guías en las curvaturas, y ℓ_c' la nueva longitud de acoplo rectilínea resultado del acoplo decreciente producido en las curvaturas de longitud L_0 .

Tras este cálculo, se procederá al diseño de la longitud, grosor, anchura y separación de los electrodos, que repercutirán en las tensiones de conmutación.

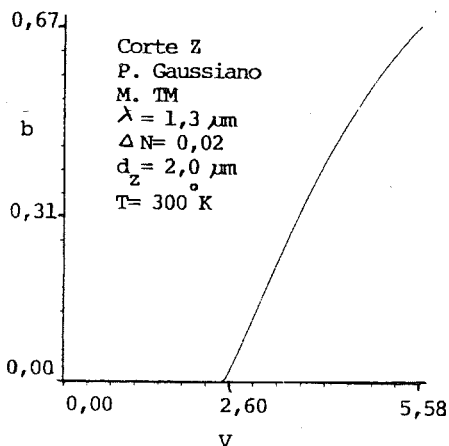


Fig. 1

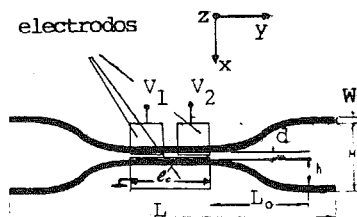


Fig. 2